

脱脂粉乳補足が児童の発育におよぼす 効果について

吉岡利治・小石ナカ・辻幸治・小石秀夫

A STUDY ON THE SUPPLEMENTARY EFFECT OF SKIM MILK PROTEIN ON THE GROWTH RATE OF CHILDREN UNDER INSTITUTIONAL CARE

BY TOSHIHARU YOSHIOKA, NAKA KOISHI, KOJI TSUJI
AND HIDEO KOISHI

わが国学童の最近の摂取食餌の実態をみると¹⁻³⁾、熱量、蛋白質をはじめ各栄養素とも量的にはかなり改善されていることがわかる。しかし問題を蛋白質の質にしばると、最近の調査²⁾では一般家庭児童の動物性蛋白摂取比は平均約45%におよんでいるが、その内容は魚類が大部分を占め、乳類あるいは卵類の使用がまだまだ不充分であることがわかる。とくに養護施設児童の場合、動物性比率は平均約30%であり、しかも乳類の摂取に乏しいことが井上ら⁴⁾によってすでに指摘されている。しかもこれら養護施設児童の体格は年々改善されつつあるとはいえるものの、いまだ全国平均に達せず、相対的に発育遅延の状態にあり⁴⁾、摂取食餌の量的ならびに質的強化が要望されている。そこで筆者らはこうした不完全な食餌条件下にある施設児童に粉乳蛋白を1ヶ年間余にわたり毎日一定量補足し、これが発育遅延の回復にどのような効果をもたらすかを検討した。

実験方法

1. 対象の選定と脱脂粉乳補足の方法：被検者として大阪府下某保護施設収容児童のうち、5才より14才までの男子47名、女子22名を選び、蛋白質として体重1kg当り0.4gとなる量の脱脂粉乳を1957年6月より1958年8月まで1年3カ月にわたって連日昼食後に補足した。なお脱脂粉乳は、

第1表 実験対象例数

対 象	年 令 (才) 性 別	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	合 計
粉 補 足 群	男 子	8	4	7	5	4	3	3	2	5	6	47
	女 子	2	1	0	2	2	3	2	5	3	2	22
対 照 児 童	男 子		20	41	51	66	53	33	30	38	17	349
	女 子		13	34	42	41	33	27	26	36	5	257

(註) 年令は1957年8月現在

給食用ビタミン入カルピスで溶かしてその特有の臭気をのぞき、児童の嗜好に適するようにして飲用させた。

対照群は同一施設内の児童をふくめ、その食餌条件がほぼ同一であるとみなしうる他の施設(大阪府下11カ所)の児童男女計606名とした。

なお対象例数の詳細は第1表に示した。

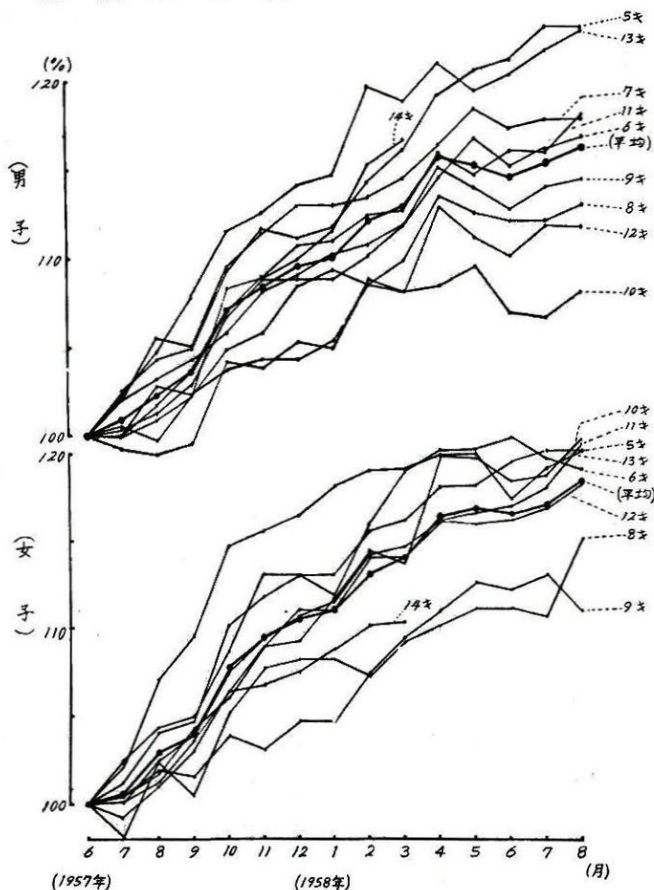
2. **体位計測と血液検査**：体重測定は粉乳補足児童については毎月1回、起床直後の早朝空腹時の条件で実施した。また補足群と対照群の全例について3カ月ごとに1回、午後3時より4時までの間に実施した。なお身長計測は全対象について3カ月に1回、午後空腹時に実施した。そのほか粉乳補足児童の一部については2～3カ月ごとに計5回、全血比重、血清比重、血清蛋白濃度ならびにA/G比を測定した。

3. **食餌調査**：粉乳補足児童および対照児童各別個にその摂取食餌量の実測調査を実験期間中4回にわたって実施し、熱量、蛋白摂取量および摂取蛋白のアミノ酸組成について検討した。調査方法の詳細については、その成績の一部とともに別に発表⁽⁴⁾しているのここには省略する。

成 績 と 考 察

1. 成長速度と血液性状について

まず粉乳補足児童の体重増加の計測成績を、1957年6月より1958年8月までの全成績について、実験開始時の体重を100%とした体重増加比率、すなわち $\frac{\text{各月の体重測定値}}{\text{開始時体重}} \times 100(\%)$ を求めて第1図に示した。ただし実験開始時に14才であった児童の大部分は9カ月後に施設をはなれたので、この年齢群のみは9カ月間の測定成績で打切った。この図において、まずその平均発育曲線をみて気付くことは、1958年4月より6月までの2カ月間は男女とも増加率にほとんど伸びを示していない点である。これはすでに小

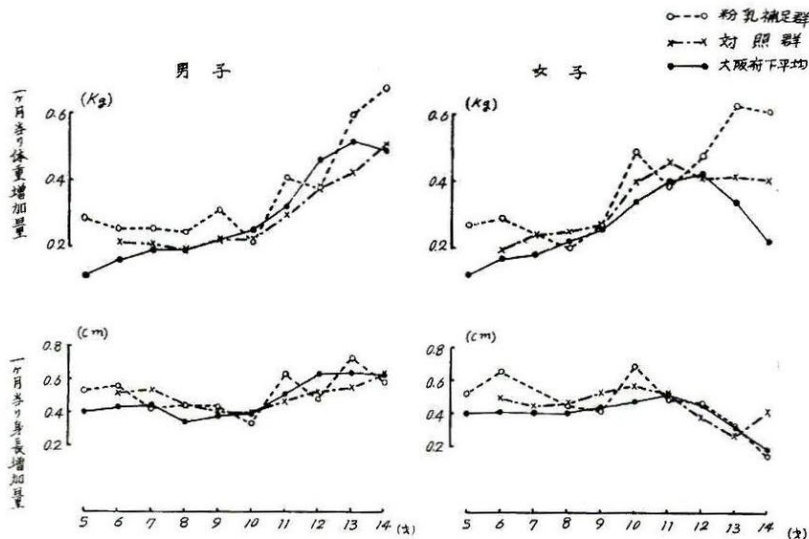


第1図 基礎体重の各月の増加率

石⁷⁾が報告しているように児童の発育には季節差があり、体重は夏期に横ばいになるという事実と一致している。こうした点を考慮に入れ、粉乳補足の体位におよぼす効果判定には1957年6月より1958年6月までの12カ月間の体位増加量によることとした。

つぎに補足児童ならびに対照児童について、各年令ごとに

$\frac{1958年6月体重(または身長) - 1957年6月体重(または身長)}{12}$ として平均1カ月当り体位増加量を求め、その成長速度を比較した。第2図はその成績を示したものであるが、ここに大阪府下平均とあ



第2図 1カ月当り体位増加量

るのは、1957年度および1958年度の大阪府下児童平均⁸⁾ 発育曲線より前記同様に平均1カ月当りの値を算出したものであり、一般児童の平均成長速度と解すべきものである。この図より、粉乳補足群を施設対照群と比較すると、まず男子においては体重増加量が補足群において各年令ともすぐれている点に気付く。しかし女子の場合、体重においても両者の差は著明でなく、また身長では男女とも差があるとは認められない。これを大阪府下平均と比較すると、女子の体重で施設児童の増加量が全体的にすぐれていることがわかるが、その他はすべて格別な差をみとめがたい。以上の成績を推計学的に検討するため、対照群に欠ける5才を別とし、6才以上の年令を3年ごとに区切り各年令群ごとに体位増加量の平均値を求め、補足群、対照群および大阪府下平均の3者間の成長速度差をしらべた。その結果は第2表に示す通りであって、まず体重増加量を粉乳補足群と対照群とで比較すると男子では各年令群とも補足群が推計学的に有意に優れている。対照群を欠く5才群も、大阪府下平均に比較すればやはり有意に優れ、男子では各年令群とも粉乳補足が体重増加に効果を示した。一方女子では、9才以上の群に粉乳補足群が対照群より体重増加量の上廻る成績をえたが、推計学的に有意ではない。ここで注目されるのは対照群と大阪府下平均との差である。すなわ

第2表 1カ年後の児童の成長量相互比較

年 令 (才)	性 別	体 重 (kg)						身 長 (cm)					
		大阪府下平均		対照施設児童		粉乳補足児童		大阪府下平均		対照施設児童		粉乳補足児童	
		体重	1ケ年後 1ヶ月当り 増加量	開始時 体 重	1ケ年後 1ヶ月当り 増加量	開始時 体 重	1ケ年後 1ヶ月当り 増加量	身長	1ケ年後 1ヶ月当り 増加量	開始時 身 長	1ケ年後 1ヶ月当り 増加量	開始時 身 長	1ケ年後 1ヶ月当り 増加量
男	5	17.6	0.11			16.2	**0.29	106.4	0.40			104.1	0.53
	6	18.9		18.2		18.6		111.2		108.4		111.3	
	7	20.9	0.18	19.4	*0.20	20.3	** (***) 0.26	116.5	0.40	113.8	** 0.49	119.2	0.46
	8	23.1		21.8		22.4		121.7		119.8		120.0	
	9	25.4		23.8		23.8		126.6		124.2		121.9	
	10	27.6	0.27	25.8	0.24	26.3	(*) 0.31	130.8	0.43	127.6	0.42	127.7	0.46
	11	30.6		27.5		30.2		135.7		131.9		138.4	
	12	34.1		31.5		35.1		141.5		136.6		143.3	
子	13	39.1	0.49	34.3	0.42	32.1	(***) 0.60	147.7	0.61	141.2	0.56	141.4	0.63
	14	44.7		35.7		36.2		154.5		147.4		147.7	
女	5	17.1	0.12			16.1	0.27	105.3	0.40			109.1	0.52
	6	18.5		17.4		16.9		110.1		107.7		114.5	
	7	20.5	0.19	20.3	** 0.24		0.22	115.4	0.41	114.1	** 0.47		* 0.52
	8	22.6		21.8		20.7		120.8		118.1		116.4	
	9	25.1		24.1		25.6		125.9		122.9		126.8	
	10	27.9	0.33	26.4	* 0.37	29.1	0.40	131.1	0.48	128.6	* 0.55	129.3	0.56
	11	31.9		30.2		27.9		137.3		130.9		127.6	
	12	36.6		34.4		33.5		143.9		137.4		136.9	
子	13	41.3	0.33	36.8	** 0.42	35.4	* 0.52	148.0	0.32	142.4	0.33	141.5	0.36
	14	44.8		42.5		45.6		150.9		148.9		146.7	

(註) * は5%の危険率で, ** は1%の危険率で大阪府下平均に比べて有意差を示す。

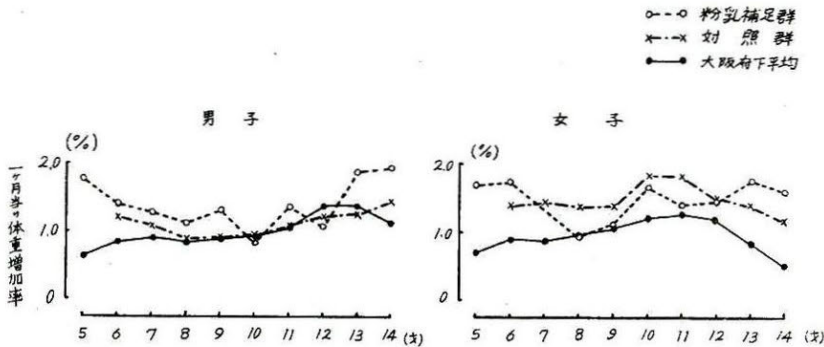
(*) は5%の危険率で, (**) は1%の危険率で対照施設児童に比べて有意差を示す。

ち男子では両者はほぼ等しい増加率を示しているが、女子では各年令群とも対照群の方が優れ（差は推計学的に有意）、低体重を示す施設児童のうち女子では体重が標準に近づくつつあることを示している。体重増加における以上の成績から、その増加速度が標準よりすぐれている女子の場合に粉乳補足の効果をみることはできないが、それが標準なみで、その体重が平均に比べてかなり劣っている男子の場合にはじめて効果があらわれたものと解することができよう。

つぎに身長増加量については、粉乳補足群と対照群との間には各年令群、男女のいずれにおいても差の有意性を証明することができなかった。ただし9才以下の児童では補足群、対照群をひくくめて施設児童の身長増加度が大阪府下平均に比べてすぐれており、年ごとに標準に近づくつつ

あることが注目された。

以上の成績はいずれも1カ月当り体位増加の絶対量について検討を加えたが、これを体位増加度としてみても同様の結論がえられる。すなわち $\frac{1\text{ヶ月当り体重(または身長)増加量}}{\text{実験開始時体重(または身長)}} \times 100(\%)$ として、各月ごとの体重増加度を求めて図示したのが第3図である。これによって実験開始時の体重個人差



第3図 1カ月当り体重増加のパーセント

を一応消却して比較できる。男子では粉乳補足群は対照に比し、10才、12才を除いて各年令とも増加率が優れ、女子では施設全対象が大阪府下平均より優れた増加率を示し、推計学的にも前記同様の成績が得られた。

以上が成長におよぼす影響についての成績であるが、つぎに血液検査成績についてのべる。第3表は粉乳補足児童の一部に5回にわたり行った血液検査成績であるが、A/G比を除く全血・血清比

第3表 粉乳補足児童の血液蛋白性状

	調査時期	例数	比重 ⁽¹⁾		血清蛋白濃度 ⁽²⁾ (g/dl)	A/G ⁽³⁾	Hb(g/dl) ⁽⁴⁾
			全血	血清			
男 子	1957年 6月	36	1.051	1.024	6.49	1.3	12.1
	9月	11	1.052	1.024	6.49	1.3	13.1
	11月	25	1.053	1.025	6.94	1.3	13.1
	1958年 4月	15	1.052	1.024	6.28	1.2	13.1
	6月	28	1.052	1.025	6.46	1.2	12.8
平均	'57.6月~'58.6月	115	1.052	1.024	6.55	1.3	12.7
女 子	1957年 6月	29	1.051	1.025	6.57	1.2	12.4
	9月	7	1.051	1.024	6.66	1.4	12.6
	11月	20	1.053	1.026	7.17	1.3	13.2
	1958年 4月	15	1.051	1.024	6.15	1.4	12.6
	6月	23	1.052	1.025	6.64	1.2	12.8
平均	'57.6月~'58.6月	94	1.052	1.025	6.65	1.3	12.7

(註) 1957年6月より粉乳補足開始。

測定方法 1) 硫酸銅法 2) ケーラーダール法 3) biurete法 4) 比重より算出

重、血清蛋白濃度およびヘモグロビン濃度に11月にやや高い値がみられる外、粉乳補足1カ年間の効果はいずれにも特に認められなかった。また平均値を男女別にみると、ヘモグロビン濃度以外はいずれもやや低値ではあるが正常値の範囲を出ない。

一般に成長期児童の發育速度が栄養状態によって影響をうける場合、そのもっとも敏感な指標となるのは体重変動である⁴⁾ことは周知の事実である。筆者らの成績もまさにこうした事実と一致するのであって、發育遅延のみられた男子児童にのみ粉乳補足効果をみとめることのできた本成績は、実験期間が1カ年余であることを考慮すれば、まず相應の結果というべきであろう。

2. 摂取食餌について：対照児童の摂取食餌が粉乳補足により具体的にどの程度改善されたかを知るため、1957年5月(粉乳補足前)、8月、11月および1958年7月に個人ごとに食餌調査を行った。その結果を男女を含めた全例の平均として熱量および蛋白摂取量をまとめて第4表に示した。

第4表 熱量および蛋白摂取量
(1人1日当り、男女平均)

調査時期		例数	平均年齢	熱量 (Cal)	蛋白量 (g)	
					全量	動物性(%)
対照施設児童群	1957年5月	57	9.8	1898	59.2	9.2(16)
	1957年11月	24	13.3	2140	72.6	19.7(27)
	1958年7月	30	10.8	2241	69.1	14.4(21)
粉乳補足群*	1957年8月	33	8.7	1668	56.5	21.5(38)
	1957年11月	**70	10.2	1954	71.1	27.8(39)

調査は毎回3日間連続して行い、各個人の摂取量を測定して平均した。

* 粉乳補足平均全量：蛋白量として平均8.2~11.0g

** 本調査は70例について実施したが、その後全期間粉乳補足したのは69例であった。

る。それにもかかわらず摂取全量がコントロールと同等であるということは、ミルクを飲んだかわりに施設給食の摂取がそれだけ減ったためである。熱量摂取をみると、補足群がコントロールより幾分低い値となっていることからこれが裏付けされるようである。当初の計画では施設給食量の上に粉乳をそっくりつけ足すということであったが、実際には計画どおりには行かなかった訳である。

しかし一方動物性食品比率をみると、補足群は平均40%近い値となって明かに高いことがわかる。つまり量的補足の意味は少なくとも、少くとも質的改善には役立っているようである。この点は両者のアミノ酸組成を比較検討すればさらに明かとなろう。このため補足群とコントロール群と

この表よりまず実験開始前および対照児童の蛋白摂取量をみると、その摂取全量は調査時各平均年齢に応じてほぼ所要量⁵⁾をみたしているが、その動物性蛋白比率は約16%~27%であることがわかる。一方粉乳を補足した場合、その蛋白摂取全量は約57gおよび約71gであり、これをその調査対象児童の平均年齢差を考慮に入れて対照と比較すると、量的にはほぼ同等の摂取量であるとみなしてよい。ところで補足児童の場合、粉乳蛋白は1日平均8.2gないし11.0gが毎日昼食後、間食として与えられたのであり、その摂取は厳重な監視の下で実施されたのであ

を同時に調査した 1957年11月の成績について、両者の摂取蛋白のアミノ酸組成を算出して第5表に示した。なおこれに関してはすでに一部報告していることを附言する⁴⁾。この表中各アミノ酸量は、

第5表 食餌アミノ酸組成に対する粉乳補足効果

(1957年11月調査)

	摂取蛋白量 (g)	動植物性蛋白 (%)	必須アミノ酸(単位: 蛋白窒素1g 当りの mg数)									総計 (g)	蛋白価	第1制限アミノ酸
			イソロイシン	ロイシン	リジン	フェニールアラニン	含硫アミノ酸 メチオニン	小計	スレオニン	バリン	トリプトファン			
対照施設児童	72.6	27.1	302 (4.7)	455 (7.1)	317 (5.0)	274 (4.3)	118 (1.8)	199 (3.1)	236 (3.7)	325 (5.1)	64 (1.0)	2.17	71	トリプトファン
* 粉乳補足児童	71.1	39.1	330 (4.6)	498 (7.0)	349 (4.9)	300 (4.2)	127 (1.8)	206 (2.9)	250 (3.5)	352 (5.0)	71 (1.0)	2.36	76	含硫アミノ酸

(註) () 内はトリプトファンを 1.0 とした場合の相互比

* 粉乳補足量 蛋白として11.0g

摂取蛋白窒素 1g 当りとして示されており、これを FAO の provisional pattern^{16,17)} と比較すると、補足群、コントロールのいずれにおいても、含硫アミノ酸とトリプトファンの2つだけが制限アミノ酸となる点にかわりはない。しかしその protein score をみると、コントロールは 71 (第1制限アミノ酸はトリプトファン)、補足群は 76 (第1制限アミノ酸は含硫アミノ酸) となって、明かに差がみとめられる。この場合、全摂取蛋白のうち約 11g を粉乳蛋白でおきかえることによって、トリプトファン含有比がいちぢるしく改善されたことがわかるのである。乳粉補足によって、少くとも摂取蛋白の質の向上という点においては成果をみとめることができたといえる。

本実験は当初、粉乳補足によって施設児童の摂取蛋白の量と質の改善を計り、それが成長にどのように効果をもたらすかを検討しようとしたのであるが、実際には量的補足の意味は少なく、質の改善をもたらしたに止まった。しかし、成長速度における成績からわかるように、この質の強化という点のみで発育遅延のみられた施設男子児童の体重増加に明かな効果を認めたのである。粉乳補足が当初計画どおりその量の面においても充足されておれば、その効果は一層いちぢるしく、これら児童の体位改善に貢献したであろうと思われる。

要 約

養護施設収容児童 (5才~14才) 男子計 69名を対象とし、蛋白量として体重 1kg 当り 0.4g となる量の脱脂粉乳を連日 1年3カ月にわたり日常食に補足し、それが児童の成長におよぼす効果について検討した。

1. 食餌調査の結果、粉乳補足児童の摂取蛋白は、量的な面では対照施設児童とほぼ同程度にとどまったが、そのアミノ酸組成をみると、トリプトファン含有比がいちぢるしく改善され、蛋白価の向上がみられた。すなわち粉乳補足により摂取蛋白の質改善の目的だけは達せられていることがわかった。

2. 一方、1カ年間の成長速度を検討すると、あらかじめ発育遅延のみられた男子児童におい

て、粉乳補足によりその体重増加速度が良好となった。ただし身長には効果を認めず、血液蛋白性状にも影響はなかった。またほぼ標準に近い發育曲線を示した女子児童に対しては補足効果を認めなかった。

3. 以上は脱脂粉乳補足による日常摂取蛋白の質強化が、児童の發育遅延を回復せしめるため有効であることを物語っており、児童の發育と蛋白の質強化との関連性を証明する一事実といえよう。

本研究を行うにあたり研究用脱脂粉乳交付に御尽力賜った全国社会福祉協議会をはじめ研究に種々便宜をお計り下さった大阪府、市社会福祉協議会ならびに養護施設各位に対し、また粉乳添加用のカルピスを御惠贈下さったカルピス食品工業株式会社に対し、厚く感謝いたします。

なお著者らのうち吉岡利治は京都府立医科大学第一生理教室に所属する。

文 献

- 1) 井上五郎・小石ナカ・岡村静香・大塚由美子：本紀要(食物学), 7, 15 (1960)
- 2) 小石秀夫・井上鉄雄：栄養と食糧, 14, 20 (1961)
- 3) トリプトファン研究委員会編：「トリプトファンと日本人の栄養」, 三共化成 (1960)
- 4) 井上五郎・小石秀夫・吉岡利治・新山喜昭・富田義雄・井上敦子・土井啓：本紀要(食物学), 6, 7 (1959)
- 5) 小石秀夫・吉川一弥・大堀美代子・朝山花子・井上五郎：本紀要(食物学), 6, 15 (1959)
- 6) 吉川一弥：栄養と食糧, 12, 295 (1959)
- 7) 小石ナカ：栄養と食糧, 14, 420 (1962)
- 8) 文部省学校衛生統計資料 (1959年度)
- 9) 総理府資源調査会編：「日本人の栄養所要量に関する解説」総理府資源調査会資料第39号 (1954)
- 10) FAO: "Protein Requirements" Rome (1957) (吉村寿人訳: "蛋白必要量" 第一出版 (1958))

Summary

The effect of the supplementation with skim milk on the growth rate was examined on the children under institutional care. There were 69 subjects (from 5 to 14 years old) in which contained male and female. Skim milk protein amounted to as much as 0.4 grams per kilogram per day were added to the daily habitual diet. The investigation began on July, 1957 and continued for 15 months. The results obtained are as follows:

- 1) From the surveys of the dietary intake, it was proved that the supplementary groups lessened the quantities of ingested diet proportionately to the added skim milk. Therefore, the quantities of the protein intake was not increased as compared to the control children, but the ingested protein qualities were remarkably improved in skim milk groups.

Owing to the skim milk enrichment, the tryptophan content of the diet was improved effectively and the protein score increased from 71 to 76.

2) In the male subjects who had been delayed in growth rate, it was recognized that the increased rate of body weight was significantly greater than the control groups. However, in female groups who had grown nearly to the normal level, there was not any supplementary effect of skim milk on the growth rate.

3) From these results, it may be concluded that the improvement of the protein qualities based on skim milk added was served to the weight gains of the retarded growth children.